

令和2年度厚生労働科学研究費補助金（地域医療基盤開発推進研究事業）  
「新規及び既存の放射線診療に対応する放射線防護の基準策定のための研究」  
（研究代表者：細野 眞）

#### 分担研究報告書

「放射線診断・IVRにおける放射線防護の基準策定」

研究分担者 赤羽 正章 国際医療福祉大学医学部 放射線医学  
研究協力者 小林 育夫 長瀬ランダウア株式会社  
塚本 篤子 NTT 東日本関東病院放射線部

### 1. 研究目的

2011年4月に国際放射線防護委員会（ICRP）が発表したソウル声明では、水晶体のしきい線量が従来考えられていたよりも低いこと、職業被ばくについて水晶体の等価線量限度を5年間の平均で20mSv/年かつ年間最大50mSvまで引き下げること、が述べられている。これを受けて、2012年にはICRP Publication 118 “ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context”が発行され、国際原子力機関や欧州連合の新しい安全基準にも、新たな水晶体等価線量限度が盛り込まれる流れとなっている。

我が国においても新たな水晶体等価線量限度を法令へ取り入れ、令和3年4月の施行へ向けて実務レベルでの検討が進められており、特に水晶体等価線量の高さが懸念されるX線透視を用いた治療手技の術者について、水晶体等価線量を推測する手段について基礎的データ集積の重要性が更に高まっている。防護メガネ着用時の水晶体線量実態調査が国内で進められているが、その結果を正しく解釈し、防護メガネ着用を前提とした水晶体等価線量推定に利用するためには、防護メガネの種類や線量計の位置によるばらつきの程度を知る必要がある。

昨年度までの検討で、X線防護メガネの種類により被ばく低減効果が異なること、頭部の方向が防護メガネの効果に影響を与えること、防護メガネ内面から水晶体にかけての線量分布が不均一となるため線量の実測値が線量計の位置に影響されること、実臨床における防護メガネの効果はばらつきが大きいこと、防護グラスと顔面の隙間が大きいと遮蔽効果が低下すること、防護グラスと顔面の隙間を減らすデザインは遮蔽効果を向上すること、サージカルマスクを着用すると防護メガネの遮蔽効果が損なわれる傾向にあること、がわかった。今年度は、防護メガネと顔面の間空間線量分布の実測方法について検討する。

## 2. 防護メガネと顔面との空間線量分布の測定方法の検討

### 2.1. 方法

頭部人体ファントムと防護メガネの間の空間線量分布を測定するためには、頭部人体ファントムと防護メガネの間に立体的に複数の線量計を配置する必要がある。防護メガネの有無の比較や複数の異なる防護メガネの比較における信頼性を確保するためには、線量計配置の再現性を高めることが望ましい。防護メガネ周囲の空間線量分布は急激な変化が想定されるので、線量計配置の密度はできるだけ高いことが望ましい。再現性確保のために、スポンジ、OHPシート、スチレンボードを用いて線量計配置位置を規定し、これを頭部ファントムに貼り付ける方法と、頭部ファントムに複数の線量計を重ねて貼り付ける方法を比較した。

### 2.2. 結果

スポンジ、OHPシート、スチレンボードにマークを付け、マークの位置に毎回同じように線量計を貼り付けることは容易であった。一方、スポンジ、OHPシート、スチレンボードのいずれも、頭部ファントムの複雑な形状に沿って毎回同じように貼り付けることは難しかった。従って、スポンジ、OHPシート、スチレンボードを用いて線量計の配置の再現性を高めることは困難であった。

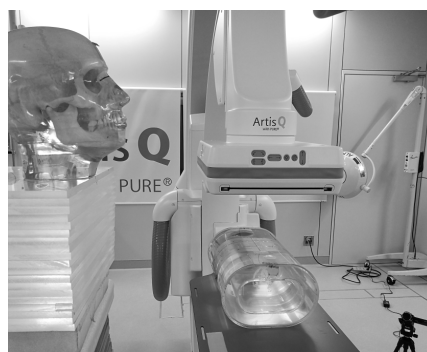
頭部ファントムに複数の線量計を重ねて貼り付ける方法は、頭部ファントムの眼の表面、眼窩内縁、眼窩外縁、などの解剖学的構造やペンによるマーキングを基準として1層目の線量計を配置し、これに2層目以降の線量計を積み重ねることで、比較的良好な再現性が得られた。

## 3. 防護メガネ周囲の線量分布

### 3.1. 方法

#### 3.1.1. 人体ファントム、患者ファントム

頭部人体ファントムに防護メガネを取り付け、右大腿動脈経由の体幹部透視手技を模して配置した。透視時の術者医師の立ち位置にアクリルの台を設置、身長170cm相当の位置に頭部人体ファントムを配置し、頸部プロテクタを装着した。患者を模したファントムとして、血管撮影装置の寝台にJIS水ファントム(楕円)を置いた。術者から見てX線管や患者ファントムは左側に位置する。防護メガネはパノラマシールドHF-380(東レ)を用いた。テンプル角度調整は0度に設定した。

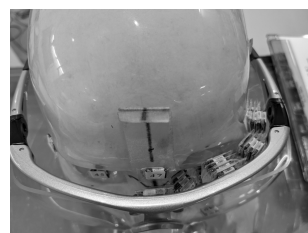


#### 3.1.2. 線量計の配置

防護メガネ装着状態の測定における線量計は、左眼の周囲11箇所(目頭、眼窩上縁、眼球表面、眼窩下縁、目尻上、目尻、目尻下、こめかみ上、こめかみ、こめかみ下、こめかみ外側)に4



層の nanoDot を積み上げ、加えて右眼球表面、右こめかみ、眉間、ガラス眉間の内面、ガラス左下の内面、ガラス左側面の内面、の合計 50 個を配置した。



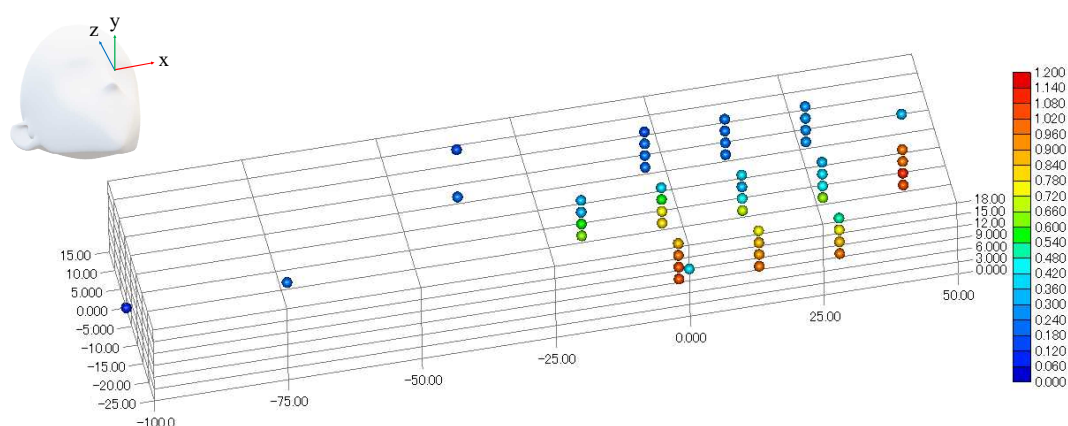
防護メガネ無し状態の測定における線量計は、左眼の周囲 11 箇所（目頭、眼窩上縁、眼球表面、眼窩下縁、目尻上、目尻、目尻下、こめかみ上、こめかみ、こめかみ下、こめかみ外側）に 4 層の nanoDot を積み上げ、右眼球表面、右こめかみ、眉間、まではメガネ装着時と同様で、他に左頸部、右鼻翼、左鼻翼、の 3 箇所、合計 50 個を配置した。

### 3.1.3. X線照射

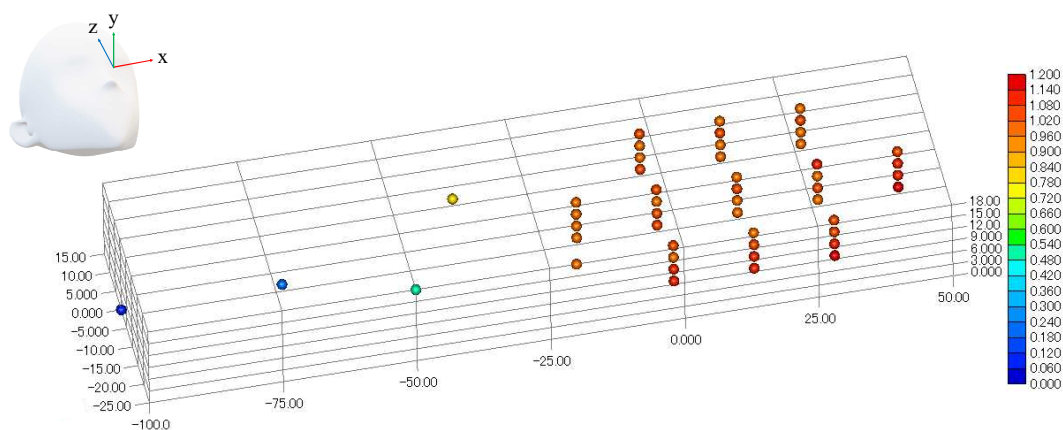
使用した血管撮影装置は シーメンス社 Artis Q TA、照射条件は撮影 30 フレーム/秒 × 20 秒 × 20 回（総装置表示空気カーマ 1035 mGy）。頭部ファントムの方向は正面 1 方向とした。

## 3.2. 結果

防護メガネ装着状態の各線量計の測定値をカラースケールで表現し、線量計の空間的な位置を 3D で表示した。x 軸が左右（-がファントムの右眼方向、+がファントムの左眼方向）、y 軸が前後（0 がファントムの表面、+が nanoDot の積み上げ方向）、z 軸が頭尾方向（-がファントムの首方向、+がファントムの頭方向）。本来は頭部表面に沿って湾曲した配置であるが、平面に均した状態として表示している。左こめかみ (x=30、z=0) の線量は左眼表面 (x=0、y=0、z=0) の線量よりやや低いが、左こめかみの 15mm 外側 (x=45、z=0) の線量はむしろ高く、こめかみ付近 (x=40、z=0) で急激に線量に変化している。一方、ガラス内面の線量は、左下 (x=0、y=12、z=-25) も左側面 (x=45、y=18、z=0) も、左眼表面の線量より低い。眉間 (x=-35、z=15) の線量は、皮膚面 (x=-35、y=0、z=15) でもガラス内面 (x=-35、y=12、z=15) でも、左眼表面の線量より低い。右眼表面 (x=-70) や右こめかみ (x=-100) の線量は低い。



防護メガネ無し状態について同様に表示した。nanoDot 自体の吸収や、頭部ファントムからの二次散乱線などの影響は、それほど大きくないことがわかる。右眼表面や右こめかみの線量は低い。



#### 4. 考察

防護メガネのガラスの下縁および外縁に近付くと線量が上昇する傾向と、顔面からグラス側へ近付くと線量が低下する傾向が観察された。眼球表面の線量を上下左右の線量と比較すると、左右の方が上下よりも誤差が少なかった。線量計は眼球の高さで、グラスよりも顔面にできるだけ近付けることが、水晶体等価線量算定の誤差を減らすだろう。

左こめかみ付近の線量分布がグラス外縁付近で急激に変化することから、こめかみ付近に装着する水晶体専用線量計はできるだけ眼球に近付けることが望ましいことが示唆される。

グラス内面の線量は左眼表面の線量よりも低く、グラス内面に装着する水晶体専用線量計は水晶体等価線量を過小評価するであろうことが示唆される。

今回は頭部ファントムの向きが正面 1 方向のみ、防護メガネも 1 種類のみでの検討であった。結果を一般化して解釈するためには、頭部の方向や防護メガネの種類を増やして検討を重ねる必要がある。線量の変化が急激な部分の線量計配置密度を高めることで、より正確な評価が可能となるだろう。

#### 5. 参考文献

1. ICRP Statement on Tissue Reactions. <http://www.icrp.org/page.asp?id=123>
2. ICRP, 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).